

锂离子电池的安全性技术

薛武阳 周兵兵 许菲

多氟多阳福新材料有限公司 河南 焦作 454150

摘要: 随着电动汽车、便携式电子设备和储能系统等领域的快速发展,锂离子电池的应用越来越广泛。这些锂离子电池具有高能量密度、长寿命和环保特性,因此被广泛应用于现代电子设备中。然而,尽管锂离子电池具有许多优点,但它们的安全性问题仍然存在。为了提高锂离子电池的安全性,可以采取一系列相应措施,包括防止内部短路、外部短路和过充过放等保护措施。这些措施可以大大提高锂离子电池的安全性。

关键词: 锂离子电池;安全性;技术

引言: 锂离子电池因其高能量密度、长寿命和环保特性而被广泛应用于现代电子设备中。然而,锂离子电池在过充、过放、短路、高温等异常情况下可能会出现安全问题,如过热、燃烧甚至爆炸。这不仅会损坏设备,还可能对人员安全构成威胁。因此,提高锂离子电池的安全性是当前亟待解决的问题。本文将探讨锂离子电池安全性技术的几个关键方面,包括电池设计、材料选择和安全监管等。以期对相关领域提供参与借鉴。

1 锂离子电池的概述

锂离子电池(LIB)是一种高能量密度、可充电的电池系统,由于其卓越的性能,已成为便携式电子设备、电动汽车(EV)和电力存储系统等应用的首选。它们能够提供较高的能量密度,相较于传统的电池技术更加轻便且寿命更长。LIB的卓越性能使其在许多领域中成为了首选的能源解决方案^[1]。然而,随着锂离子电池的大规模应用,其安全问题也逐渐显现出来。在错误的使用、运输或储存条件下,锂离子电池可能会出现燃烧、爆炸等严重安全问题。这些问题的出现可能与电池的内部缺陷、过充、过放、高温、机械损伤等多种因素有关。因此,理解锂离子电池的工作原理、结构和安全性问题,对于充分发挥其优势和避免潜在风险至关重要。为了解决这些安全问题,科学家们和工程师们不断努力研究和改进锂离子电池的技术和设计。例如,他们开发了先进的电池管理系统,可以监控电池的状态并防止过充或过放。此外,新的材料和制造工艺也被引入,以提高电池的安全性和性能。

2 锂离子电池的安全性隐患

2.1 过充和过放

过充和过放是锂离子电池使用过程中最需要关注的安全问题。过充是指电池在充电过程中被过度充电。当电池管理系统或充电设备出现故障时,充电过程可能无

法得到有效控制,导致电池内部的电量过多。这会导致电池内部的化学反应过于强烈,产生大量的热和气体。热量的积累会使电池温度上升,可能引发电池燃烧或爆炸。过放则是指电池在放电过程中被过度放电。当电池被过度使用或电量消耗过快时,电池可能会被过度放电。这会导致电池内部的化学反应变得不稳定,产生大量的热和气体。与过充一样,热量的积累和气体的产生都会使电池内部压力上升,如果压力再次无法得到释放,电池可能会再次发生爆炸。这些物质可能对人体和环境造成危害。例如,锂离子电池通常包含锂、钴、镍等金属离子,如果电池内部结构损坏或材料老化,这些金属离子可能会被释放出来,对人体健康造成潜在威胁。

2.2 内部短路

内部短路是锂离子电池中的一种严重安全问题,通常是由于电池内部结构损坏或材料缺陷导致的。首先,制造过程中的缺陷是导致内部短路的一个重要原因。在锂离子电池的制造过程中,如果存在杂质、颗粒物或其他污染物,可能会对电池内部结构造成影响,导致短路问题的发生。其次,使用过程中的老化也是导致内部短路的一个重要因素。锂离子电池在使用过程中会逐渐老化,材料可能会出现剥落、劣化等现象,导致内部结构损坏。当电池老化到一定程度时,内部结构可能变得脆弱,容易受到外部冲击或其他因素的影响,进而引发内部短路。此外,外部冲击或其他外力因素也可能是导致内部短路的原因之一。如果电池受到撞击、挤压、震动或其他外力的影响,可能会对电池内部结构造成损坏,导致内部短路问题的发生。

2.3 外部短路

外部短路的发生不仅涉及到电池本身,还与其使用环境和方式有着密切的关系。首先,不当的充电方式是导致外部短路的主要原因。使用不合适的充电器或充电

方式,如快速充电、过度充电等,都可能使电池的温度和电压迅速上升,从而引发外部短路。其次,使用环境对电池的安全性也有重要影响。将电池放置在高温、潮湿、密闭或狭小的空间内使用,都可能增加外部短路的风险^[2]。高温和潮湿的环境可能导致电池内部的化学反应加剧,增加电池的温度和压力;而密闭或狭小的空间则可能使热量和气体无法及时散出,进一步加剧了电池的安全问题。此外,电池的制造过程和使用寿命也对外部短路的发生有一定影响。如果电池的制造过程中存在杂质、颗粒物或其他污染物,或者电极材料的质量不佳,都可能使电池内部结构变得脆弱,容易受到外部冲击或其他因素的影响,进而引发外部短路。

3 锂离子电池的安全性措施

3.1 外部短路保护

外部短路保护是电池安全管理中的重要一环。首先,提高电池外壳的耐用性是防止外部短路的一种方法。电池外壳是保护电池内部结构的重要组成部分,因此,采用高强度材料、优化结构设计、增加外壳厚度等方式可以提高外壳的耐用性,防止由于冲击、挤压、摩擦等原因导致的外壳破损或变形。其次,优化电极材料也是防止外部短路的重要手段。电极材料的选择对于电池的安全性能至关重要。应该选择具有高电导率、高稳定性、低内阻等特性的材料,同时要避免使用易于氧化、分解或燃烧的材料。另外,设计合理的电池结构和布局也是防止外部短路的可行方法。电池内部的结构和布局应该有利于电流的均匀分布和流动,避免由于局部电流过大或过小而引起的热失控、电化学反应过度等问题。最后,对于已经发生过外部短路的电池,应该及时采取修复措施。修复包括对损坏的外壳进行修复或更换,对电极材料进行重新制备或修复等。

3.2 内部短路保护

内部短路保护是电池安全管理中的重要环节。首先,内部短路保护可以通过电池设计来实现。在电池制造过程中,可以采用特殊的电极材料和隔膜材料,以防止电极之间的直接接触。其次,对于已经投入使用的电池,可以通过电池管理系统来实现内部短路保护。电池管理系统可以监测电池的电压、电流和温度等参数,当发现异常情况时,可以及时采取保护措施。例如,当发现电池内部温度过高时,管理系统可以自动切断电池的电源,以防止温度进一步升高而引发危险。此外,还可以通过增加安全阀、防爆膜等装置来增强电池的安全性。安全阀可以在电池内部压力过高时自动打开,释放多余的气体 and 热量,防止电池爆炸或起火。防爆膜则可

以在电池内部电极之间发生短路时,通过破裂来释放多余的能量,从而保护电池的安全。最后,对于已经发生内部短路的电池,应该及时采取修复措施。修复包括对损坏的电极材料进行修复或更换,对电池内部结构进行重新设计或改进等。

3.3 防止过充和过放

防止过充和过放是电池安全管理中的重要环节。首先,为了防止过充,应该采用合适的充电方法和设备。对于锂离子电池而言,过充可能会导致电池起火或爆炸。因此,在充电过程中,应该使用专用的锂离子充电器,并按照说明书上的充电方法和注意事项进行操作。其次,为了防止过放,应该合理使用和管理电池。过放可能会导致电池内部电极材料结构变化、电解液分解、电池容量下降等问题。因此,在使用电池时,应该注意及时充电,避免电池电量过低而导致的过度放电。同时,对于长时间不使用的电池,应该定期进行充电和维护,以保持电池的活性和寿命^[3]。此外,可以采用电池管理系统来监测和控制电池的充电状态和电量状态。通过监测电池的电压、电流和温度等参数,电池管理系统可以判断电池的充电状态和电量状态,当发现电池已经充满或电量过低时,可以自动调整充电状态或发出警告信息,以防止过充或过放的发生。

4 锂离子电池的安全性技术

4.1 正极材料的选择

正极材料的选择是锂离子电池安全技术中非常重要的一环。首先,正极材料需要具备较高的热稳定性和化学稳定性,以防止在高温或过充状态下发生热失控反应。其次,正极材料的电化学性能也需要考虑,包括放电容量、电压平台、循环寿命等指标。最后,正极材料的制备成本也是一个重要的考虑因素。目前常用的锂离子电池正极材料主要包括三元材料和磷酸铁锂材料。三元材料具有高能量密度、高功率密度和较长的循环寿命等优点,但其热稳定性相对较差,容易发生热失控反应。因此,在设计三元材料时需要加入一些热稳定性较好的元素或化合物,以提高其安全性。相比之下,磷酸铁锂材料的热稳定性较好,不容易发生热失控反应。此外,磷酸铁锂材料的电化学性能也比较稳定,具有较高的放电容量和较长的循环寿命。但是,磷酸铁锂材料的功率密度相对较低,限制了其在电动汽车等领域的应用。

4.2 隔膜材料的选择

隔膜材料的选择对于锂离子电池的性能和安全性至关重要。隔膜是一种具有微孔结构的膜材料,它起着分隔正负极,防止物理接触从而防止短路的作用。

在选择隔膜材料时,首先,隔膜应具备良好的化学稳定性,以防止与电解质或电极材料发生反应。其次,隔膜需要有适宜的浸润性,即能与电解质良好地浸润且不伸长收缩。此外,考虑到电池的使用环境,隔膜还需要具有良好的热稳定性,以维持在高温环境下的稳定性。机械强度也是隔膜材料不可忽视的一项关键指标,隔膜需不易被刺穿,避免电池短路的风险。而离子电导性则是评价隔膜性能的另一重要参数,高的孔隙率通常会降低电池的阻抗,但同样也会导致膜的抗力学性能以及抗开孔性能下降。根据不同的分类标准,隔膜材料有不同的种类。例如按照基体材料划分,目前大规模商品化的锂离子电池隔膜生产材料以聚烯烃为主,主要包括聚丙烯(PP)、聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)和聚乙烯(PE)复合材料三种。

4.3 电解液的选择

电解液是锂离子电池的重要组成部分,它对电池的性能和安全性有着重要影响。首先,电解液需要具备良好的电化学稳定性,以防止在充放电过程中发生分解或与电极材料发生反应。其次,电解液的电导率也是一个重要的考虑因素,高电导率可以提高电池的功率性能。此外,电解液的粘度、燃点和闪点等物理性质也需要满足一定的要求,以确保电池的安全性。在选择电解液时,还需要考虑到电池的使用环境和工作温度范围。例如,对于高温环境下工作的电池,需要选择具有较高热稳定性的电解液^[4]。此外,对于一些特殊应用场合,如电动汽车和航空航天领域,还需要考虑电解液的耐高压性能和阻燃性能。最后,电解液的成本也是一个重要的考虑因素。由于锂离子电池广泛应用于各个领域,降低电解液的成本对于提高电池的经济性具有重要意义。因此,在选择电解液时需要综合考虑其性能、安全性和经济性等因素,以达到最佳的平衡。

4.4 电池结构设计

电池结构设计是确保电池安全运行的关键。首先,

电池内部应设有温度传感器,用于实时监测电池的工作温度。当电池内部温度超过设定的安全范围时,温度传感器会立即发出警报,提醒用户采取相应的措施。其次,电池结构设计还应考虑防止短路、过充和过放等问题。为了防止短路,电池的正负极之间应设置绝缘材料,确保电流只能沿着设定的路径流动。此外,电池的外壳也应具备良好的绝缘性能,以防止外部物体与电池内部的电路发生接触。为了防止过充和过放,电池结构设计中可以加入保护电路。保护电路可以根据电池的电压和电流状态来控制充电和放电过程,确保电池在安全的范围内工作。例如,当电池充满电时,保护电路会自动切断充电电流;当电池电量过低时,保护电路会限制放电电流,以防止电池过度放电。最后,电池结构设计还应考虑散热问题。由于电池在充放电过程中会产生热量,如果热量无法及时散发,会导致电池温度升高,甚至引发安全问题。

结语:综上所述,尽管锂离子电池存在一定的安全隐患,但通过采取一系列措施可以有效提高其安全性。我们对锂离子电池的安全性技术进行了深入分析,包括电池设计、材料选择和电池结构等方面,为未来的发展提供了便捷和安全性。随着技术的不断进步和应用领域的扩大,我们期待在保障锂离子电池安全性的同时,实现更高性能和更广泛的应用。

参考文献

- [1]石博文,李明哲,叶季蕾.锂离子电池储能热管理技术应用现状分析[J].电源技术,2023,47(5):562-569.
- [2]汪茹,刘志康,严超,等.高安全锂离子电池复合集流体的界面强化[J].物理化学学报,2023,39(2):81-92.
- [3]蔡惠群,赵雪玲.隔膜对锂离子电池安全性的影响[J].电池工业,2019,23(2):59-62.
- [4]孙延先,姜兆华.锂离子电池过充安全性研究[J].电源技术,2019,43(5):884-886.